

GAN-BASED RADIATION-EMITTING THIN-LAYERED SEMICONDUCTOR COMPONENT

Patent number: WO2004017430

Publication date: 2004-02-26

Inventor: EISERT DOMINIK (DE); HAHN BERTHOLD (DE); HAERLE VOLKER (DE)

Applicant: OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH (DE); EISERT DOMINIK (DE); HAHN BERTHOLD (DE); HAERLE VOLKER (DE)

Classification:

- international: H01L33/00

- european: H01L33/00B6B; H01L33/00C3B

Application number: WO2003DE02071 20030620

Priority number(s): DE20021034977 20020731

Also published as:

DE10234977 (A1)
CN1672270 (A)

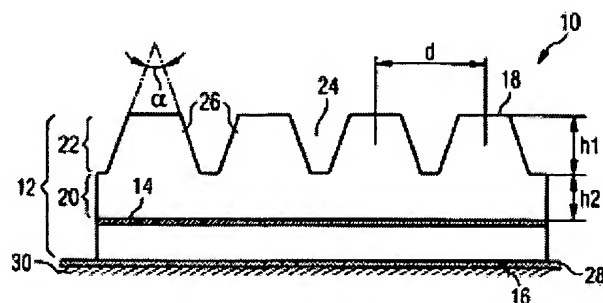
Cited documents:

US6258618
US6346771
WO0141225
US6410942
US6091085

Report a data error here

Abstract of WO2004017430

The invention relates to a radiation-emitting thin-layered semiconductor component comprising a GaN-based multilayer structure (12) that is provided with an active, radiation-generating layer (14), a first main area (16), and a second main area (18) that is located opposite the first main area and decouples the radiation generated in the active, radiation-generating layer. The first main area (16) of the multilayer structure (12) is coupled to a reflective layer or border area while the region (22) of the multilayer structure, which borders the second main area (18) thereof, is structured in a one-dimensional or two-dimensional manner and is provided with convex elevations (26).



Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
26. Februar 2004 (26.02.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/017430 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H01L 33/00**

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE2003/002071**

(22) Internationales Anmeldedatum:
20. Juni 2003 (20.06.2003)

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

(30) Angaben zur Priorität:
102 34 977.0 31. Juli 2002 (31.07.2002) **DE**

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH** [DE/DE]; Wernerwerkstr. 2, 93049 Regensburg (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **EISERT, Dominik** [DE/DE]; Agricolaweg 11, 93049 Regensburg (DE). **HAHN, Berthold** [DE/DE]; Am Pfannenstiel 2, 93155 Hemau (DE). **HÄRLE, Volker** [DE/DE]; Eichenstrasse 35, 93164 Laaber (DE).

(74) Anwalt: **EPPING HERMANN FISCHER PATENTANWALTSGESELLSCHAFT MBH**; Ridlerstrasse 55, 80339 München (DE).

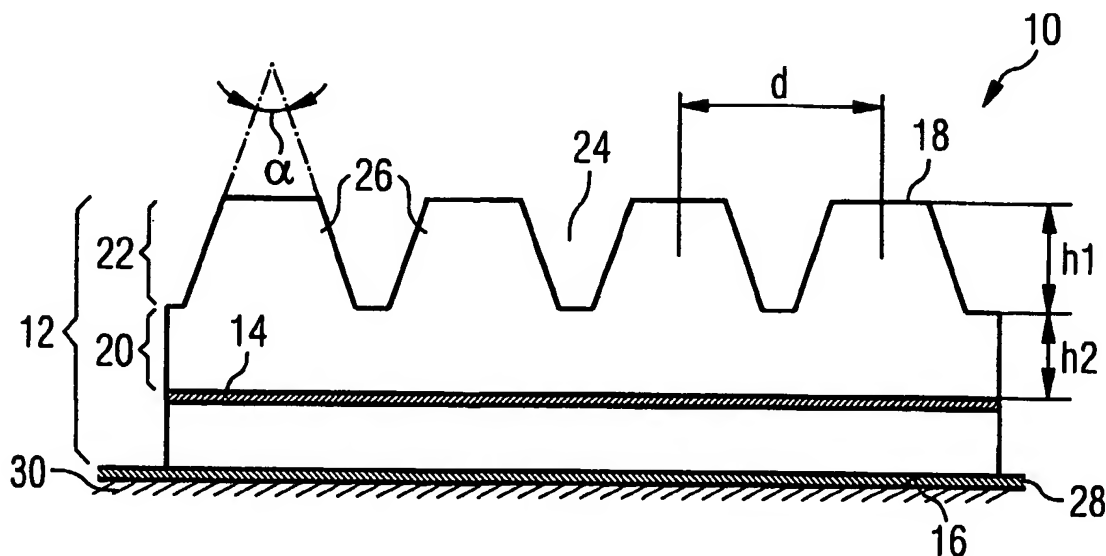
(81) Bestimmungsstaaten (national): **CN, JP, US.**

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: **GAN-BASED RADIATION-EMITTING THIN-LAYERED SEMICONDUCTOR COMPONENT**

(54) Bezeichnung: **STRAHLUNGSEMITTIERENDES DÜNNSCHICHT-HALBLEITERBAUELEMENT AUF GAN-BASIS**



(57) Abstract: The invention relates to a radiation-emitting thin-layered semiconductor component comprising a GaN-based multilayer structure (12) that is provided with an active, radiation-generating layer (14), a first main area (16), and a second main area (18) that is located opposite the first main area and decouples the radiation generated in the active, radiation-generating layer. The first main area (16) of the multilayer structure (12) is coupled to a reflective layer or border area while the region (22) of the multilayer structure, which borders the second main area (18) thereof, is structured in a one-dimensional or two-dimensional manner and is provided with convex elevations (26).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung offenbart ein strahlungsemittierendes Dünnschicht-Halbleiterbauelement mit einer Mehrschichtstruktur (12) auf GaN-Basis, die eine aktive, strahlungserzeugende Schicht (14) enthält und eine erste Hauptfläche (16) und eine der ersten Hauptfläche abgewandte zweite Hauptfläche (18)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/017430 A1



Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

zum Auskoppeln der in der aktiven, strahlungserzeugenden Schicht erzeugten Strahlung aufweist. Weiter ist die erste Hauptfläche (16) der Mehrschichtstruktur (12) mit einer reflektierenden Schicht bzw. Grenzfläche gekoppelt, und der an die zweite Hauptfläche (18) der Mehrschichtstruktur angrenzende Bereich (22) der Mehrschichtstruktur ist ein- oder zweidimensional mit konvexen Erhebungen (26) strukturiert ist.

Beschreibung

Strahlungsemittierendes Dünnschicht-Halbleiterbauelement auf GaN-Basis

Die vorliegende Erfindung betrifft strahlungsemittierende Dünnschicht-Halbleiterbauelemente auf GaN-Basis nach dem Oberbegriff von Patentanspruch 1 bzw. nach dem Oberbegriff von Patentanspruch 18.

Herkömmliche strahlungsemittierende Halbleiterbauelemente haben aus fertigungstechnischen Gründen häufig eine rechtwinklige Geometrie. Die Halbleiterbauelemente bestehen im allgemeinen aus einer epitaktisch auf einem Trägersubstrat abgeschiedenen Mehrschichtstruktur mit einer aktiven, strahlungserzeugenden Schicht. Das Trägersubstrat ist vorzugsweise elektrisch leitfähig, um einen vertikalen Stromfluss zu ermöglichen; außerdem ist es in vielen Fällen günstig, wenn das Trägersubstrat für die in der aktiven Schicht der Mehrschichtstruktur erzeugte Strahlung transparent ist. Allerdings steht eine hohe Transparenz häufig in Widerspruch zu einer hohen elektrischen Leitfähigkeit des Materials für das Trägersubstrat. So ist zum Beispiel der für Leuchtdioden auf GaN-Basis verwendete Saphir für blaues Licht transparent, aber nicht elektrisch leitfähig. Siliziumcarbid als Trägersubstrat für GaN-Leuchtdioden ist dagegen zwar leitfähig und transparent, aber die Transparenz nimmt mit zunehmender Leitfähigkeit ab, so dass die Eigenschaften des Halbleiterbauelements auch in diesem Fall nicht ideal sind.

Eine Möglichkeit zur Verringerung der Absorptionsverluste und damit zur Steigerung des externen Wirkungsgrades ist daher das Entfernen des Trägersubstrats in Verbindung mit geeigneten Spiegelschichten (Dünnschichtkonzept). Allerdings ist ein Halbleiterdünnschicht im wesentlichen eine planparallele Platte, deren Auskoppelleffizienz aufgrund der Geometrie gegenüber einer Standarddiode nicht erhöht ist. Insbesondere wenn für das

Halbleiterbauelement bereits ein nur wenig absorbierendes Trägersubstrat (zum Beispiel GaN auf SiC) verwendet wurde, ist die Steigerung des externen Wirkungsgrades des Dünnschicht-Halbleiterbauelements zu gering, um den erhöhten technischen Aufwand der Entfernung des Trägersubstrats zu rechtfertigen.

Zur Erläuterung der Problematik der Strahlungsauskopplung zeigt Figur 8 schematisch ein Halbleiterbauelement mit den Kegeln der Strahlungsauskopplung. Strahlung kann aus dem Halbleiterbauelement nur aus einem Kegel mit einem Öffnungswinkel von $\theta = \sin^{-1}(n_{\text{ext}}/n_{\text{int}})$ ausgekoppelt werden, wobei n_{int} den Brechungsindex des Halbleitermaterials und n_{ext} den Brechungsindex der Umgebung bezeichnet. Für einen GaN-Halbleiter ($n_{\text{int}} = 2,5$) beträgt der Auskoppelwinkel θ gegen Luft ($n_{\text{ext}} = 1$) 23° und gegen einen Kunststoffverguss ($n_{\text{ext}} = 1,5$) 37° . Im Halbleiterbauelement erzeugte Strahlung, die nicht innerhalb eines Kegels auf die Grenzflächen trifft, wird schließlich reabsorbiert und in Wärme umgewandelt. Der Auskoppelkegel ist für GaN-Systeme im Vergleich zu GaAs-Systemen ($n_{\text{int}} = 3,5$) zwar groß, führt aber dennoch zu unerwünscht großen Strahlungsverlusten.

Diese Verhältnisse ändern sich auch nicht wesentlich bei veränderten Schichtdicken. Allerdings ist für den über die Oberseite ausgekoppelten Strahl die Dünnschichtgeometrie günstig, da aufgrund des kurzen Weges im Halbleiter die Absorption gering ist; für den seitlich ausgekoppelten Strahl kann dagegen die Effizienz aufgrund der Mehrfachreflexionen im Halbleiter sogar geringer sein.

Es gibt deshalb bereits verschiedene Ansätze, den externen Wirkungsgrad von Halbleiterbauelementen durch veränderte Geometrien zu erhöhen. Hier ist insbesondere eine sogenannte Mikrostrukturierung der gesamten Mehrschichtstruktur zu nennen, die aufgrund der größeren Gesamtfläche der Seitenflächen der Mehrschichtstruktur zu einer verstärkten seitlichen Strah-

lungsauskopplung führt. Zusätzlich können die Seitenflächen der so erzeugten einzelnen Mehrschichtstrukturen angeschrägt werden. Beispiele für derartige Halbleiterbauelemente sind in DE-A-198 07 758, EP-A-0 905 797 oder JP-A-08-288543 offenbart.

Eine weitere Möglichkeit zur Erhöhung der Strahlungsauskopplung ist in den Figuren 3 und 5 der DE-A-199 11 717 gezeigt. Hier sind der Mehrschichtstruktur mit der aktiven, strahlungserzeugenden Schicht einzelne Strahlungsauskoppelemente in Form von Kugelsegmenten oder Kegelstümpfen zugeordnet, die beispielsweise mittels entsprechendem Ätzen von aufgewachsenen Schichten ausgebildet werden.

Alle genannten Druckschriften zum Stand der Technik befassen sich jedoch nicht mit Dünnschicht-Halbleiterbauelementen auf GaN-Basis. Halbleiterbauelemente auf GaN-Basis dienen vorwiegend der Strahlungserzeugung im blau-grünen Spektralbereich und weisen eine Mehrzahl von Schichten auf, die aus einem GaN-basierenden Material bestehen. Unter einem GaN-basierenden Material werden im Rahmen dieser Erfindung neben GaN selbst auch von GaN abgeleitete oder mit GaN verwandte Materialien sowie darauf aufbauende ternäre oder quaternäre Mischkristalle verstanden. Insbesondere zählen hierzu die Materialien GaN, AlN, InN, $\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_x\text{N}$, $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{N}$, $\text{In}_{1-x}\text{Al}_x\text{N}$ und $\text{Al}_{1-x-y}\text{In}_y\text{Ga}_y\text{N}$ mit $0 < x < 1$, $0 < y < 1$ und $x + y \leq 1$.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein strahlungsemitterendes Dünnschicht-Halbleiterbauelement auf GaN-Basis bereitzustellen, das einen verbesserten externen Wirkungsgrad der Strahlungsauskopplung aufweist.

Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird diese Aufgabe durch ein Halbleiterbauelement mit den Merkmalen von Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen dieses Halbleiterbauelements sind in den abhängigen Ansprüchen 2 bis 17 angegeben.

Das strahlungsemitterende Dünnschicht-Halbleiterbauelement gemäß der Erfindung weist eine Mehrschichtstruktur auf GaN-Basis auf, die eine aktive, strahlungserzeugende Schicht enthält und eine erste Hauptfläche und eine der ersten Hauptfläche abgewandte zweite Hauptfläche zum Auskoppeln der in der aktiven, strahlungserzeugenden Schicht erzeugten Strahlung aufweist. Weiterhin ist die erste Hauptfläche der Mehrschichtstruktur mit einer reflektierenden Schicht bzw. Grenzfläche gekoppelt, und der an die zweite Hauptfläche der Mehrschichtstruktur angrenzende Bereich der Mehrschichtstruktur ist ein- oder zweidimensional strukturiert.

Die Erhöhung des externen Wirkungsgrades der Strahlungsauskopplung beruht auf der Brechung der rechtwinkligen Geometrie des Dünnschicht-Halbleiterbauelements durch eine Strukturierung des Halbleiterdünnsfilms selbst. Die Steigerung des Wirkungsgrades wird im Rahmen der nachfolgenden detaillierten Beschreibung mit Hilfe von Simulationen belegt.

Vorzugsweise weist der an die zweite Hauptfläche der Mehrschichtstruktur angrenzende Bereich der Mehrschichtstruktur konvexe Erhebungen in Form von Pyramidenstümpfen, Kegelstümpfen, Kegeln oder Kugelsegmenten (zweidimensionale Strukturierung) bzw. mit einer trapezoiden, dreieckigen oder Kreissegment-Querschnittsform (eindimensionale Strukturierung) auf.

Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel liegt der Öffnungswinkel der Erhebungen zwischen etwa 30° und etwa 70° , besonders bevorzugt zwischen etwa 40° und etwa 50° . Außerdem ist die Höhe der Erhebungen wenigstens so groß, vorzugsweise etwa doppelt so groß wie die Höhe eines planen Bereichs der Mehrschichtstruktur zwischen der aktiven, strahlungserzeugenden Schicht und den Erhebungen ist. Das Rastermaß der Erhebungen wird höchstens etwa fünfmal, vorzugsweise höchstens etwa dreimal so groß wie die Höhe der Erhebungen gewählt.

Die mit der ersten Hauptfläche der Mehrschichtstruktur gekoppelte Schicht bzw. Grenzfläche weist vorteilhafterweise einen Reflexionsgrad von mindestens 70%, besser von mindestens 85% auf.

Die Mehrschichtstruktur kann entweder mit ihrer ersten Hauptfläche direkt oder über eine reflektierende Schicht auf einem Trägersubstrat aufgebracht sein, wobei die reflektierende Schicht bzw. das Trägersubstrat zugleich als Kontaktfläche des Halbleiterbauelements dient.

Als Ausgleich einer begrenzten Querleitfähigkeit der dünnen Halbleiterschicht kann auf der zweiten Hauptfläche der Mehrschichtstruktur eine leitfähige, transparente Schicht aufgebracht sein.

Zum Schutz gegen externe Einflüsse kann auf der zweiten Hauptfläche der Mehrschichtstruktur eine transparente Schutz- bzw. Vergütungsschicht aufgebracht sein.

Gemäß einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird diese Aufgabe durch ein Halbleiterbauelement mit den Merkmalen von Patentanspruch 18 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen dieses Halbleiterbauelements sind in den abhängigen Ansprüchen 19 bis 32 definiert.

Dieses strahlungsemitterende Dünnschicht-Halbleiterbauelement gemäß der Erfindung weist ebenfalls eine Mehrschichtstruktur auf GaN-Basis auf, die eine aktive, strahlungserzeugende Schicht enthält und eine erste Hauptfläche und eine der ersten Hauptfläche abgewandte zweite Hauptfläche zum Auskoppeln der in der aktiven, strahlungserzeugenden Schicht erzeugten Strahlung aufweist. Die erste Hauptfläche der Mehrschichtstruktur ist wiederum mit einer reflektierenden Schicht bzw. Grenzfläche gekoppelt. Im Gegensatz zu dem oben beschriebenen Halbleiterbauelement ist hier zwischen der ersten Hauptfläche der Mehrschichtstruktur und der reflektie-

renden Schicht bzw. Grenzfläche eine transparente Schicht vorgesehen, welche ein- oder zweidimensional strukturiert ist.

Die Strukturierung dieser transparenten Schicht zwischen der Mehrschichtstruktur und der reflektierenden Schicht bzw. Grenzfläche hat die gleiche Wirkung wie die Strukturierung der Mehrschichtstruktur selbst und erhöht in gleicher Weise den externen Wirkungsgrad der Strahlungsauskopplung.

Vorzugsweise ist die transparente Schicht leitfähig, um die begrenzte Querleitfähigkeit einer dünnen Mehrschichtstruktur auszugleichen.

Die transparente Schicht zwischen der ersten Hauptfläche der Mehrschichtstruktur und der reflektierenden Schicht bzw. Grenzfläche weist konvexe Erhebungen vorzugsweise in Form von Pyramidenstümpfen oder Kegelstümpfen (zweidimensionale Strukturierung) bzw. eine trapezoide Querschnittsform (eindimensionale Strukturierung) auf.

In einer bevorzugten Ausführungsform weisen diese Erhebungen einen Öffnungswinkel zwischen etwa 30° und etwa 70° , bevorzugt zwischen etwa 40° und etwa 50° auf. Dabei ist die Höhe der Erhebungen wenigstens so groß, vorzugsweise etwa doppelt so groß wie die Höhe eines planen Bereichs der Mehrschichtstruktur zwischen der aktiven, strahlungserzeugenden Schicht und den Erhebungen gewählt, und das Rastermaß der Erhebungen beträgt höchstens das Fünffache, vorzugsweise höchstens das Dreifache der Höhe der Erhebungen.

Die mit der ersten Hauptfläche der Mehrschichtstruktur gekoppelte Schicht bzw. Grenzfläche weist bevorzugt einen Reflexionsgrad von mindestens 70%, besonders bevorzugt von wenigstens 85% auf.

Die reflektierende Schicht kann auf einem Trägersubstrat aufgebracht sein oder die reflektierende Grenzfläche ist durch ein Trägersubstrat gebildet, wobei die reflektierende Schicht bzw. das Trägersubstrat zugleich als Kontaktfläche des Halbleiterbauelements dient.

Die obigen sowie weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden anhand der folgenden detaillierten Beschreibung verschiedener bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher beschrieben. Darin zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels eines Halbleiterbauelements gemäß der vorliegenden Erfindung im Schnitt;

Figuren 2a) bis c) schematische Darstellungen zur Erläuterung des optimalen Öffnungswinkels der Erhebungen des Halbleiterbauelements von Figur 1;

Figuren 3a) bis e) Ergebnisse verschiedener Simulationen zur Erläuterung verschiedener optimaler Parameter der Erhebungen des Halbleiterbauelements von Figur 1;

Figur 4 eine schematische Darstellung einer Abwandlung des ersten Ausführungsbeispiels von Figur 1;

Figur 5 eine schematische Darstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels eines Halbleiterbauelements gemäß der vorliegenden Erfindung im Schnitt;

Figur 6 eine schematische Darstellung einer weiteren Abwandlung des ersten Ausführungsbeispiels von Figur 1;

Figur 7 eine schematische Darstellung einer noch weiteren Abwandlung des ersten Ausführungsbeispiels von Figur 1; und

Figur 8 eine stark schematisierte Darstellung bezüglich der Strahlungsauskopplung herkömmlicher Halbleiterbauelemente.

In Figur 1 ist ein erstes bevorzugtes Ausführungsbeispiel eines Dünnschicht-Halbleiterbauelements gemäß der vorliegenden Erfindung dargestellt. Ein Hauptbestandteil des Halbleiterbauelements 10 ist eine Mehrschichtstruktur 12 auf GaN-Basis, die eine aktive, strahlungserzeugende Schicht 14 enthält. Die Mehrschichtstruktur 12 ist in üblicher Weise epitaktisch gewachsen und enthält bekanntermaßen eine Mehrzahl von GaN-basierenden Schichten.

Die Mehrschichtstruktur 12 weist eine erste Hauptfläche 16 und eine der ersten Hauptfläche abgewandte zweite Hauptfläche 18 auf, wobei die in der aktiven, strahlungserzeugenden Schicht 14 erzeugte Strahlung letztlich durch die zweite Hauptfläche 18 aus dem Halbleiterbauelement 10 ausgekoppelt wird. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel ist die aktive Schicht 14 näher an der ersten Hauptfläche 16 als an der zweiten Hauptfläche 18 der Mehrschichtstruktur 12 positioniert; die vorliegende Erfindung ist aber keineswegs hierauf beschränkt, vielmehr kann die aktive Schicht 14 auch mittig in der Mehrschichtstruktur 12 oder näher an der zweiten Hauptfläche 18 ausgebildet sein. Die in Figur 1 gewählte Position ist allerdings für die erfindungsgemäße, nachfolgend beschriebene Strukturierung der Mehrschichtstruktur vorteilhaft, da für die Strukturierung ein dickerer Anteil der Mehrschichtstruktur 12 zur Verfügung steht.

Die Mehrschichtstruktur 12 ist über eine reflektierende Schicht 28, die vorzugsweise aus einem elektrisch leitfähigen Material besteht, auf einem Trägersubstrat 30 zum Beispiel

aus Saphir, Si oder SiC aufgebracht. Die reflektierende Schicht 28 kann beispielsweise als metallische Kontaktfläche aus Ag, Al oder einer Ag- oder Al-Legierung oder alternativ als dielektrische Verspiegelung aus mehreren dielektrischen Schichten ausgebildet sein. In einer alternativen Ausführungsform kann die Mehrschichtstruktur 12 auch direkt auf dem Trägersubstrat 30 aufgebracht sein, wobei in diesem Fall das Material des Trägersubstrats 30 derart ausgewählt ist, dass die Grenzfläche zwischen Mehrschichtstruktur 12 und Trägersubstrat 30 reflektierend ist.

Der Bereich der Mehrschichtstruktur 12 oberhalb der aktiven Schicht 12 lässt sich, wie deutlich in Figur 1 zu erkennen, im wesentlichen in einen planen Bereich 20, der an die aktive Schicht 14 angrenzt, und einen strukturierten Bereich 22, der an die zweite Hauptfläche 18 angrenzt unterteilen. Die Strukturierung der Mehrschichtstruktur 12 erfolgt beispielsweise mittels üblicher Lithographie- und/oder Ätzverfahren an den epitaktisch aufgewachsenen Halbleiterschichten, durch welche nutenartige Ausnehmungen bzw. Vertiefungen 24 ausgebildet werden, zwischen denen entsprechende Erhebungen 26 zurückbleiben.

Die Strukturierung der Mehrschichtstruktur 12 kann entweder eindimensional, d.h. mit Vertiefungen 24 in nur einer Koordinatenrichtung der Ebene der zweiten Hauptfläche 18, oder zweidimensional, d.h. mit Vertiefungen 24 in zwei vorzugsweise senkrecht zueinander verlaufenden Koordinatenrichtungen der Ebene der zweiten Hauptfläche 18, ausgebildet sein. Die zwischen den Vertiefungen 24 entstehenden Erhebungen 26 sind üblicherweise konvex geformt. Dabei sind eindimensionale Strukturierungen beispielsweise mit einer trapezoiden (siehe Figur 1), dreieckigen, Kreissegment- oder Halbkugel-Querschnittsform und zweidimensionale Strukturierungen entsprechend in Form von Pyramidenstümpfen, Kegelstümpfen, Kegeln, Kugelsegmenten oder Halbkugeln ausgebildet.

Die in Figur 1 dargestellten Erhebungen 26 in Form von Pyramidenstümpfen besitzen einen Öffnungswinkel α , dessen Definition entsprechend auch auf die anderen genannten Formen der Erhebungen 26 übertragbar ist. Aufgrund der konvex geformten Erhebungen 26 wird die in der aktiven Schicht 14 erzeugte Strahlung gegebenenfalls mehrfach an den Grenzflächen der Mehrschichtstruktur 12 reflektiert bis die Strahlung schließlich in dem von den Brechungsindizes der Materialien und der Umgebung abhängigen Strahlungsauskopplungskegel auf die zweite Hauptfläche 18 oder den Boden der Vertiefungen 24 trifft und somit auskoppeln kann.

Wie in den Figuren 2a) bis c) veranschaulicht, hängt der Wirkungsgrad der Strahlungsauskopplung von dem Öffnungswinkel α der Erhebungen 26 ab. Sehr steile Flanken, wie in Figur 2a) erhöhen die Oberfläche des Bauteils und sind damit für die Strahlungsauskopplung günstig, aber eine Verminderung der Anzahl aufgrund der Totalreflexion nicht auskoppelbaren Moden wird in diesem Fall nicht erzielt. Ebenfalls sollten die Flanken der Erhebungen 26 nicht zu flach gewählt sein, wie in Figur 2c) dargestellt, da in diesem Fall die Abweichung von der planparallelen Platte nur gering ist und bis zur Auskopplung eine große Anzahl von mehrfachreflexionen erfolgen muss, was aufgrund der dabei unvermeidlichen Dämpfung negativ ist.

Am günstigsten ist ein in Figur 2b) dargestellter mittlerer Winkelbereich des Öffnungswinkels α der Erhebungen 26. Bei dieser Wahl des Öffnungswinkels α kann die Strahlung, die von einer Facette der Erhebung 26 totalreflektiert wird, beim Auftreffen auf die nächste Facette der Erhebung 26 innerhalb des Strahlungsauskopplungskegels ausgekoppelt werden, wodurch auch die Anzahl der Mehrfachreflexionen in der Mehrschichtstruktur gering gehalten wird.

Diese Abschätzung wird auch durch eine Simulation bestätigt, deren Ergebnis in Figur 3a) gezeigt ist. Auf der Abszisse ist hierbei der Öffnungswinkel α der pyramidenstumpfförmigen Er-

hebungen 26 aufgetragen, und auf der Ordinate ist der externe Wirkungsgrad der Strahlungsauskopplung aufgetragen. Man erkennt deutlich, dass der beste Wirkungsgrad in einem Bereich des Öffnungswinkels α zwischen etwa 30° und etwa 70° , genauer zwischen etwa 40° und etwa 50° erreicht wird. Für Werte des Öffnungswinkels α über 70° und unter 30° fällt der Wirkungsgrad der Strahlungsauskopplung deutlich ab. Ein Öffnungswinkel α im Bereich um etwa 45° ist somit zu bevorzugen.

Ein weiterer Parameter, der den externen Wirkungsgrad der Strahlungsauskopplung beeinflusst, ist die Höhe h_1 der Erhebungen 26. Zur Erzielung eines hohen Wirkungsgrades sollte die Höhe h_1 der Erhebungen 26 mindestens so groß wie die Höhe h_2 des an die aktive Schicht 14 angrenzenden planen Bereichs 20 gewählt werden. Bevorzugt werden die Erhebungen 26 doppelt so hoch wie der plane Bereich 20 ausgebildet; eine weitere Erhöhung der Erhebungen 26 bringt keine weitere Steigerung der Strahlungsauskopplung.

Dies wird durch eine in Figur 3b) dargestellte Simulation bestätigt. Das Simulationsergebnis zeigt für einen planen Bereich 20 mit einer Höhe h_2 von etwa $2 \mu\text{m}$ den externen Wirkungsgrad der Strahlungsauskopplung über der Höhe h_1 der Erhebungen 26. Bei einer Höhe h_1 der Erhebungen 26 unterhalb von $2 \mu\text{m}$, d.h. kleiner als die Höhe h_2 des planen Bereichs 20, erfolgt nur eine ungenügende Strahlungsauskopplung, während bei Höhen h_1 der Erhebungen 26 größer als etwa $4 \mu\text{m}$ keine wesentliche Steigerung des Wirkungsgrades mehr erkennbar ist.

Ferner sind auch Erhebungen 26 mit relativ kleinen lateralen Abmessungen zu bevorzugen. Wie das Simulationsergebnis von Figur 3c) zeigt, ist ein Rastermaß d der Erhebungen von höchstens etwa vier- bis fünfmal der Höhe h_1 der Erhebungen 26, vorzugsweise nur von etwa ein- bis dreimal der Höhe h_1 der Erhebungen für einen guten Wirkungsgrad vorteilhaft.

Da das Konzept der Dünnschicht-Halbleiterbauelemente u.a. auch auf Mehrfachreflexionen beruht, hat das Reflexionsvermögen der Bauteilrückseite, d.h. der reflektierenden Schicht 28 oder der reflektierenden Grenzfläche ebenfalls einen Einfluss auf den externen Wirkungsgrad des Halbleiterbauelements. Man erkennt in dem Diagramm von Figur 3d), dass bei einem herkömmlichen planaren Dünnschicht der Wirkungsgrad der Strahlungsauskopplung nur wenig von dem Reflexionsvermögen der rückseitigen Kontaktfläche abhängt (untere Kurve in Figur 3d)). Für eine strukturierte Mehrschichtstruktur 12 wie in Figur 1 hängt der Wirkungsgrad jedoch stark von dem Reflexionsvermögen der reflektierenden Schicht 28 bzw. Grenzfläche ab (obere Kurve in Figur 3d)) und sollte möglichst über 70%, vorzugsweise über 85% gewählt werden.

In Figur 4 ist eine Abwandlung des Halbleiterbauelements von Figur 1 dargestellt. Der Unterschied zwischen den beiden Ausführungsformen besteht darin, dass auf der strukturierten zweiten Hauptfläche 18 der Mehrschichtstruktur 12 eine Schutz- bzw. Vergütungsschicht 32 vorgesehen ist. Diese Schutzschicht 32 soll einerseits den Halbleiter vor externen Einflüssen schützen, andererseits kann die Schutzschicht 32 bei geeigneter Wahl von Brechungsindex und Dicke als Entspiegelungsschicht wirken.

Als weitere Variante des ersten Ausführungsbeispiels des Halbleiterbauelements kann auf der strukturierten zweiten Hauptfläche 18 der Mehrschichtstruktur 12 eine transparente, leitfähige Schicht mit möglichst kleinem Übergangswiderstand zum Halbleiter vorgesehen sein. Durch eine solche transparente, leitfähige Schicht kann man den Nachteil, dass die Strukturierung der Mehrschichtstruktur zur Erhöhung des Wirkungsgrades der Strahlungsauskopplung gleichzeitig eine Verringerung deren Querleitfähigkeit bewirkt, ausgleichen. Es wird eine optimale Stromzuführung zu allen Bereichen des Halbleiterbauelements erzielt, ohne durch Metallkontakte auf

der Mehrschichtstruktur deren Strahlungsauskopplung zu beeinträchtigen.

Die transparente, leitfähige Schicht besteht zum Beispiel aus ZnO , SnO , InO , CdO , GaO oder einer Kombination davon. Diese Materialien zeigen eine n- oder p-Leitfähigkeit und können mittels Sputterverfahren, CVD-Verfahren oder Aufdampfen abgeschieden werden.

Ein zweites Ausführungsbeispiel eines strahlungsemittierenden Halbleiterbauelements gemäß der Erfindung ist in Figur 5 dargestellt.

Das Dünnschicht-Halbleiterbauelement 10 weist eine Mehrschichtstruktur 12 auf GaN-Basis mit einer aktiven, strahlungserzeugenden Schicht 14 auf. Im Gegensatz zu dem oben beschriebenen ersten Ausführungsbeispiel ist hier aber nicht die zweite Hauptfläche 18 der Mehrschichtstruktur 12, durch welche die in der aktiven Schicht 14 erzeugte Strahlung schließlich ausgekoppelt wird, strukturiert, sondern zwischen der ersten Hauptfläche 16 und der reflektierenden Schicht oder Grenzfläche auf dem Trägersubstrat 30 ist eine transparente Schicht 34 vorgesehen, die zur Steigerung der Strahlungsauskopplung strukturiert ist. Dieser Aufbau ist insbesondere dann vorzuziehen, wenn die den Halbleiter 12 gut kontaktierenden Metalle nicht besonders hoch reflektierend sind und deshalb besser reflektierende Metalle wie Ag verwendet werden sollen, die aufgrund einer hohen Migration den Halbleiter verunreinigen können.

Zum Ausgleich einer geringeren Querleitfähigkeit des Dünnschicht-Halbleiters ist es von Vorteil, die transparente Schicht 34 aus einem leitfähigen Material auszubilden.

Die Strukturierung entspricht im wesentlichen der oben anhand des ersten Ausführungsbeispiels beschriebenen. Als konvexe Erhebungen 26' kommen hier allerdings in erster Linie solche

in Form von Pyramidenstümpfen oder Kegelstümpfen bzw. solche mit trapezoider Querschnittsform in Frage. Die oben anhand der Figur 3 erläuterten Parameter der Strukturierung können auf die Erhebungen 26' dieses zweiten Ausführungsbeispiels übertragen werden. Hierbei ist die plane Schicht 34 zwischen der aktiven Schicht 14 der Mehrschichtstruktur 12 und der transparenten Schicht 34 als Bezugsgröße heranzuziehen.

Eine weitere alternative Ausführungsform des Halbleiterbauelements von Figur 1 ist in Figur 6 gezeigt. Bei diesem Halbleiterbauelement 10 ist nicht die Mehrschichtstruktur 12 selbst strukturiert, sondern eine auf der zweiten Hauptfläche 18 der Mehrschichtstruktur 12 aufgebraachte Vergütungsschicht 32 ist mit entsprechenden konvexen Erhebungen 36 versehen.

Typische Vergütungsschichten 32, zum Beispiel aus SiO_2 oder SiN_x , haben einen Brechungsindex von unter 2, so dass die Strahlung an der Grenzfläche zwischen Halbleiter 12 und Vergütungsschicht 32 teilweise totalreflektiert wird. Wie das Diagramm von Figur 3e) zeigt, nimmt die Effektivität der strukturierten Vergütungsschicht 32 mit zunehmender Abweichung des Brechungsindex von dem des Halbleiters mit 2,5 deutlich ab. Eine strukturierte Vergütungsschicht mit niedrigem Brechungsindex kann aber trotzdem vorteilhaft sein, da auch eine totalreflektierte Welle bis etwa zu einer Tiefe der halben Wellenlänge in das Material mit kleinerem Brechungsindex eindringt, dabei allerdings exponentiell abklingt. Die Höhe der strukturierten Vergütungsschicht sollte deshalb nicht mehr als wenige 100 nm betragen und die lateralen Abmessungen liegen im Bereich von Mikrometern.

Wenn die lateralen Abmessungen der Strukturen 36 der Vergütungsschicht 32 in den Bereich der Wellenlänge der auszukoppelnden Strahlung reduziert werden, wird eine auftreffende Welle an einer solchen Mikrostruktur 36 gestreut, wodurch der Strahl in einen größeren Winkelbereich aufgefächert wird.

Schließlich ist in Figur 7 eine weitere Abwandlung des Halbleiterbauelements von Figur 1 gezeigt. Auf der in diesem Fall nicht strukturierten Mehrschichtstruktur 12 ist eine transparente, leitfähige Schicht 38 aus zum Beispiel ZnO, SnO, InO, CdO, GaO oder einer Kombination davon aufgebracht. Diese transparente, leitfähige Schicht 38 ist analog dem ersten Ausführungsbeispiel von Figur 1 strukturiert, wobei in Figur 7 eine eindimensionale Strukturierung mit Erhebungen mit einer trapezoiden Querschnittsform dargestellt sind.

Der Übergangswiderstand zwischen der transparenten, leitfähigen Schicht 38 und dem Halbleiter 12 sollte möglichst gering sein. Ist dies nicht der Fall, kann zwischen der Schicht 38 und der Mehrschichtstruktur 12 eine (nicht dargestellte) Metallschicht erforderlich sein, die vorzugsweise sehr dünn und damit semitransparent oder unterbrochen ausgebildet ist.

Patentansprüche

1. Strahlungsemittierendes Dünnschicht-Halbleiterbauelement mit einer Mehrschichtstruktur (12) auf GaN-Basis, die eine aktive, strahlungserzeugende Schicht (14) enthält und eine erste Hauptfläche (16) und eine der ersten Hauptfläche abgewandte zweite Hauptfläche (18) zum Auskoppeln der in der aktiven, strahlungserzeugenden Schicht erzeugten Strahlung aufweist,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die erste Hauptfläche (16) der Mehrschichtstruktur (12) mit einer reflektierenden Schicht bzw. Grenzfläche gekoppelt ist, und der an die zweite Hauptfläche (18) der Mehrschichtstruktur angrenzende Bereich (22) der Mehrschichtstruktur ein- oder zweidimensional strukturiert ist.

2. Halbleiterbauelement nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die der an die zweite Hauptfläche (18) der Mehrschichtstruktur (12) angrenzende Bereich (22) der Mehrschichtstruktur konvexe Erhebungen (26) aufweist.

3. Halbleiterbauelement nach Anspruch 2,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Erhebungen (26) die Form von Pyramidenstümpfen oder Kegelstümpfen bzw. eine trapezoide Querschnittsform aufweisen.

4. Halbleiterbauelement nach Anspruch 2,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Erhebungen (26) die Form von Kegeln bzw. eine dreieckige Querschnittsform aufweisen.

5. Halbleiterbauelement nach Anspruch 2,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Erhebungen (26) die Form von Kugelsegmenten bzw. eine Kreissegment-Querschnittsform aufweisen.

6. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Erhebungen (26) einen Öffnungswinkel (α) zwischen etwa 30° und etwa 70° aufweisen.

7. Halbleiterbauelement nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Erhebungen (26) einen Öffnungswinkel (α) zwischen etwa 40° und etwa 50° aufweisen.

8. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Höhe (h1) der Erhebungen (26) wenigstens so groß wie die Höhe (h2) eines planen Bereichs (20) der Mehrschichtstruktur (12) zwischen der aktiven, strahlungserzeugenden Schicht (14) und den Erhebungen ist.

9. Halbleiterbauelement nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Höhe (h1) der Erhebungen (26) etwa doppelt so groß wie die Höhe (h2) des planen Bereichs (20) der Mehrschichtstruktur zwischen der aktiven, strahlungserzeugenden Schicht und den Erhebungen ist.

10. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 2 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass ein Rastermaß (d) der Erhebungen (26) höchstens etwa fünfmal so groß wie die Höhe (h1) der Erhebungen ist.

11. Halbleiterbauelement nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Rastermaß (d) der Erhebungen höchstens etwa dreimal so groß wie die Höhe (h1) der Erhebungen ist.

12. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass

die mit der ersten Hauptfläche (16) der Mehrschichtstruktur (12) gekoppelte Schicht (28) bzw. Grenzfläche einen Reflexionsgrad von mindestens 70% aufweist.

13. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die mit der ersten Hauptfläche (16) der Mehrschichtstruktur (12) gekoppelte Schicht (28) bzw. Grenzfläche einen Reflexionsgrad von mindestens 85% aufweist.

14. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrschichtstruktur (12) mit ihrer ersten Hauptfläche (16) direkt oder über eine reflektierende Schicht (28) auf einem Trägersubstrat (30) aufgebracht ist.

15. Halbleiterbauelement nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die reflektierende Schicht bzw. das Trägersubstrat zugleich als Kontaktfläche des Halbleiterbauelements dient.

16. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass auf der zweiten Hauptfläche (18) der Mehrschichtstruktur (12) eine leitfähige, transparente Schicht aufgebracht ist.

17. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass auf der zweiten Hauptfläche (18) der Mehrschichtstruktur (12) eine transparente Schutzschicht (32) aufgebracht ist.

18. Strahlungsemittierendes Dünnschicht-Halbleiterbauelement mit einer Mehrschichtstruktur (12) auf GaN-Basis, die eine aktive, strahlungserzeugende Schicht (14) enthält und eine erste Hauptfläche (16) und eine der ersten Hauptfläche abgewandte zweite Hauptfläche (18) zum Auskoppeln der in der ak-

tiven, strahlungserzeugenden Schicht erzeugten Strahlung aufweist,

dadurch gekennzeichnet, dass die erste Hauptfläche (16) der Mehrschichtstruktur (12) mit einer reflektierenden Schicht (28) bzw. Grenzfläche gekoppelt ist, und zwischen der ersten Hauptfläche (16) der Mehrschichtstruktur und der reflektierenden Schicht bzw. Grenzfläche eine transparente Schicht (34) vorgesehen ist, welche ein- oder zweidimensional strukturiert ist.

19. Halbleiterbauelement nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die transparente Schicht (34) leitfähig ist.

20. Halbleiterbauelement nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass die transparente Schicht (34) zwischen der ersten Hauptfläche (16) der Mehrschichtstruktur (12) und der reflektierenden Schicht (28) bzw. Grenzfläche konvexe Erhebungen (26') aufweist.

21. Halbleiterbauelement nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Erhebungen (26') die Form von Pyramidenstümpfen oder Kegelstümpfen bzw. eine trapezoide Querschnittsform aufweisen.

22. Halbleiterbauelement nach Anspruch 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Erhebungen (26') einen Öffnungswinkel (α) zwischen etwa 30° und etwa 70° aufweisen.

23. Halbleiterbauelement nach Anspruch 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Erhebungen (26') einen Öffnungswinkel (α) zwischen etwa 40° und etwa 50° aufweisen.

24. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 20 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Höhe (h1) der Erhebungen (26') wenigstens so groß wie die Höhe (h2) eines planen Bereichs (35) der Mehrschichtstruktur (12) zwischen der aktiven, strahlungserzeugenden Schicht (14) und den Erhebungen ist.

25. Halbleiterbauelement nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Höhe (h1) der Erhebungen (26') etwa doppelt so groß wie die Höhe (h2) des planen Bereichs (35) der Mehrschichtstruktur zwischen der aktiven, strahlungserzeugenden Schicht und den Erhebungen ist.

26. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 20 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass ein Rastermaß (d) der Erhebungen (26') höchstens etwa fünfmal so groß wie die Höhe (h1) der Erhebungen ist.

27. Halbleiterbauelement nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass das Rastermaß (d) der Erhebungen höchstens etwa dreimal so groß wie die Höhe (h1) der Erhebungen ist.

28. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 18 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass die mit der ersten Hauptfläche (16) der Mehrschichtstruktur (12) gekoppelte Schicht bzw. Grenzfläche einen Reflexionsgrad von mindestens 70% aufweist.

29. Halbleiterbauelement nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass die mit der ersten Hauptfläche (16) der Mehrschichtstruktur (12) gekoppelte Schicht bzw. Grenzfläche einen Reflexionsgrad von mindestens 85% aufweist.

30. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 18 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass die reflektierende Schicht (28) auf einem Trägersubstrat (30) aufgebracht bzw. die reflektierende Grenzfläche durch ein Trägersubstrat (30) gebildet ist.

31. Halbleiterbauelement nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, dass die reflektierende Schicht bzw. das Trägersubstrat zugleich als Kontaktfläche des Halbleiterbauelements dient.

32. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 18 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass auf der zweiten Hauptfläche (18) der Mehrschichtstruktur (12) eine transparente Schutzschicht aufgebracht ist.

FIG 1

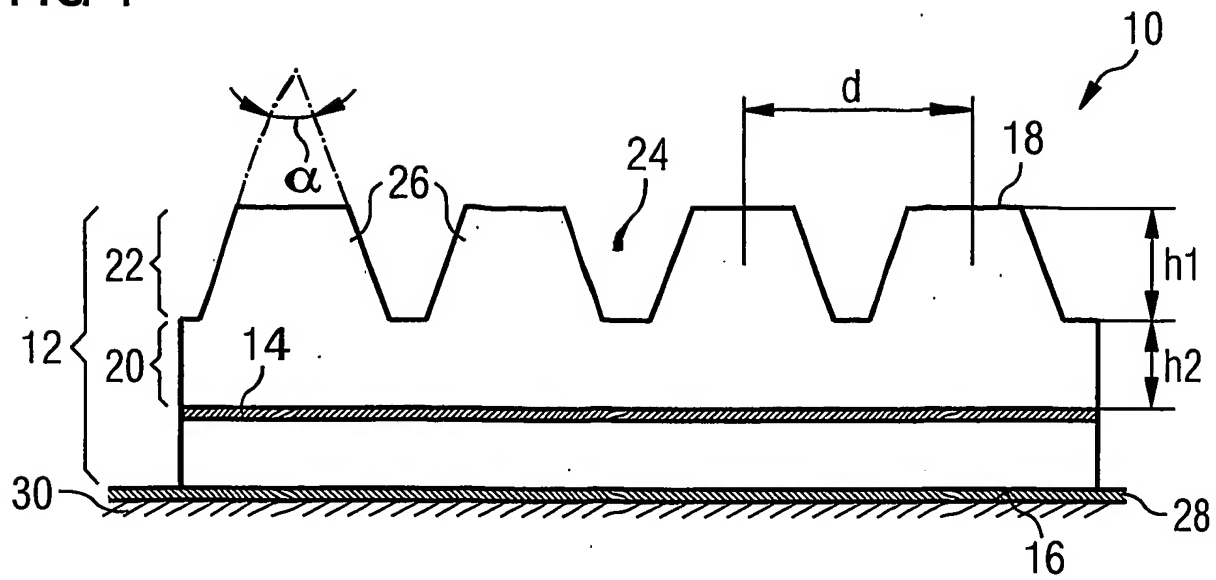


FIG 2A

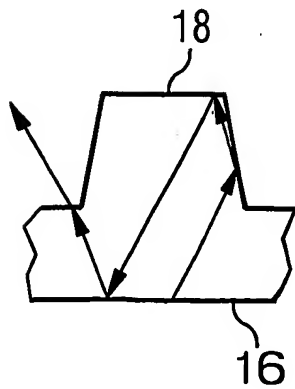


FIG 2B

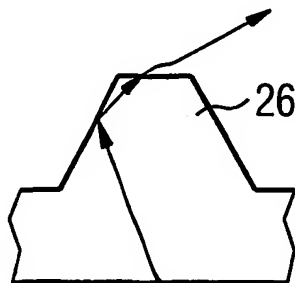


FIG 2C

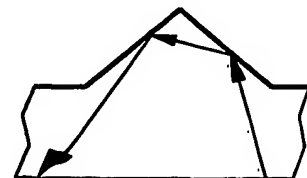


FIG 3A

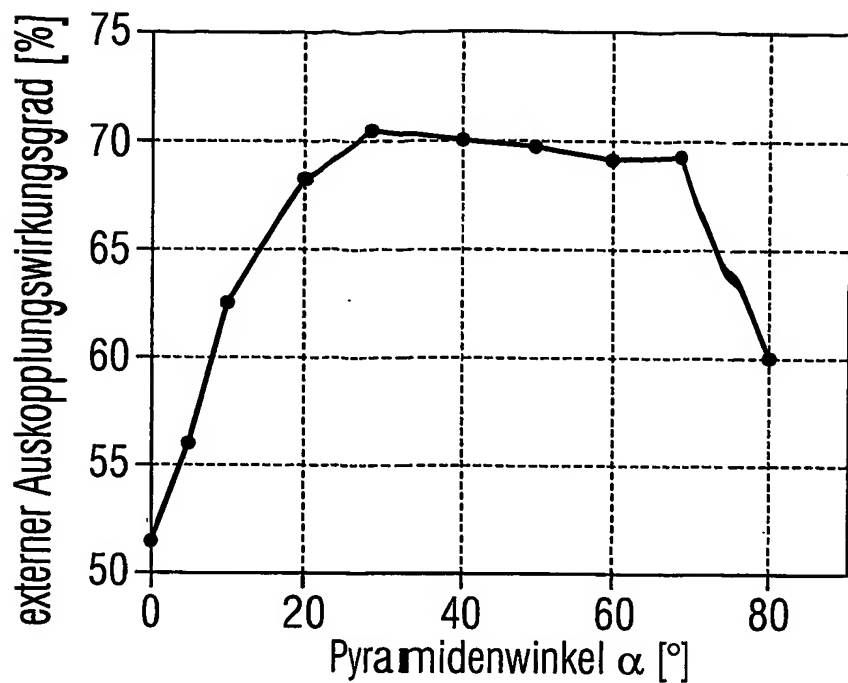


FIG 3B

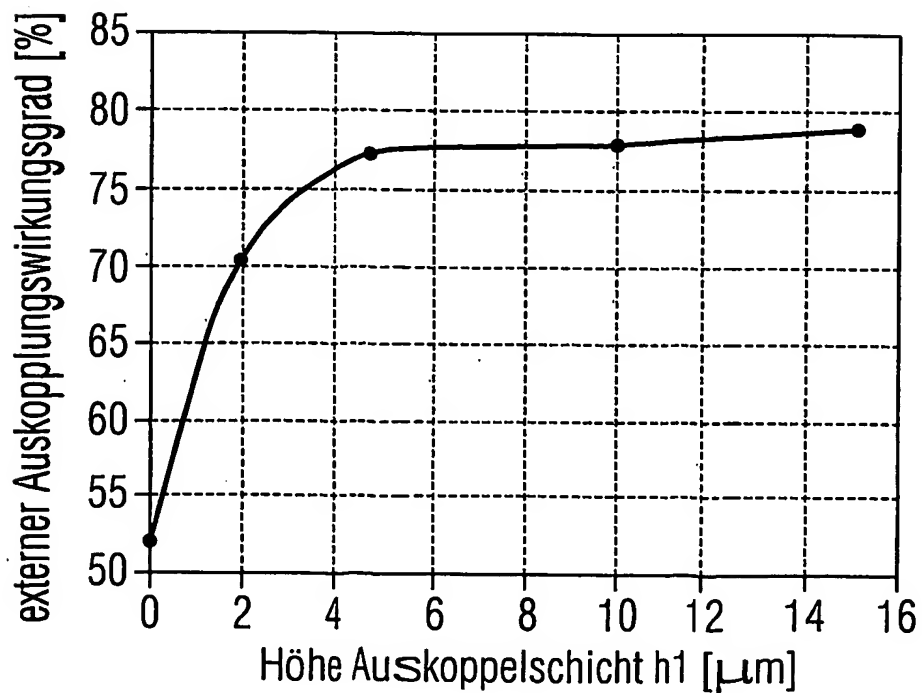


FIG 3C

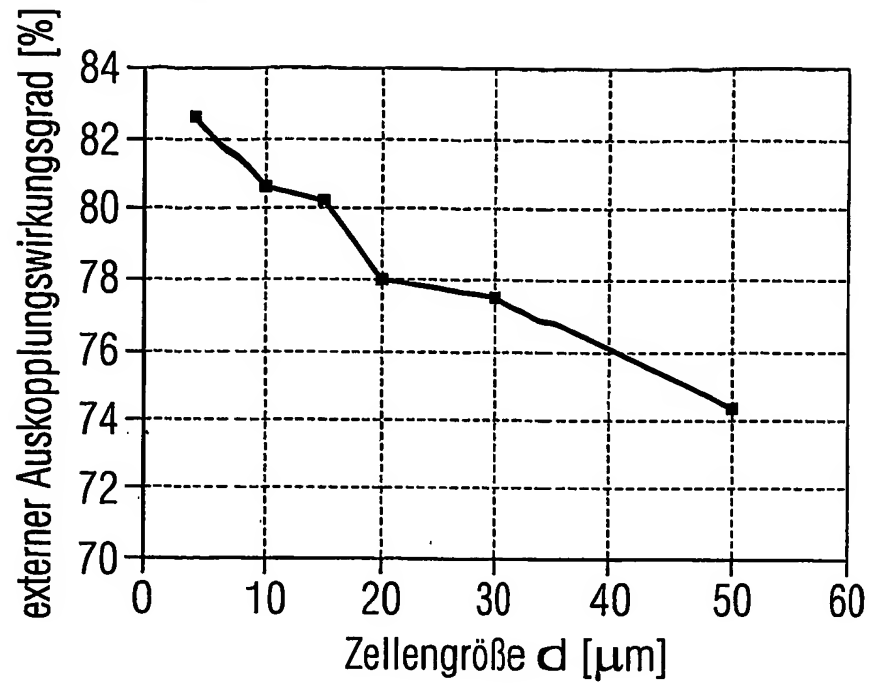


FIG 3D

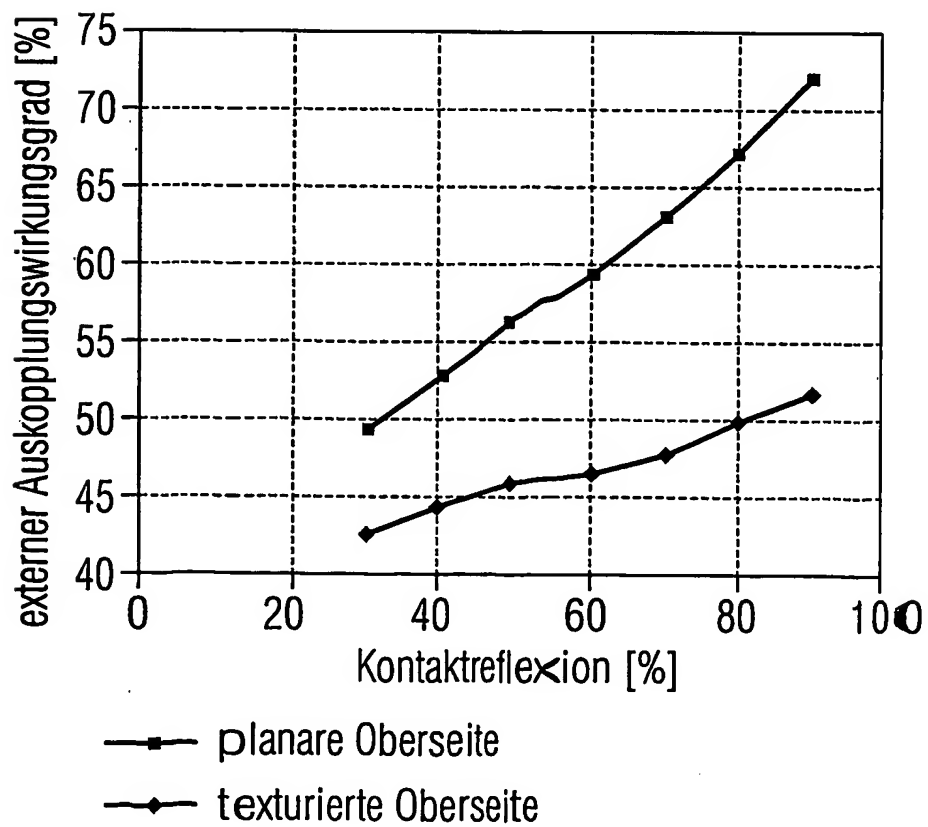


FIG 3E

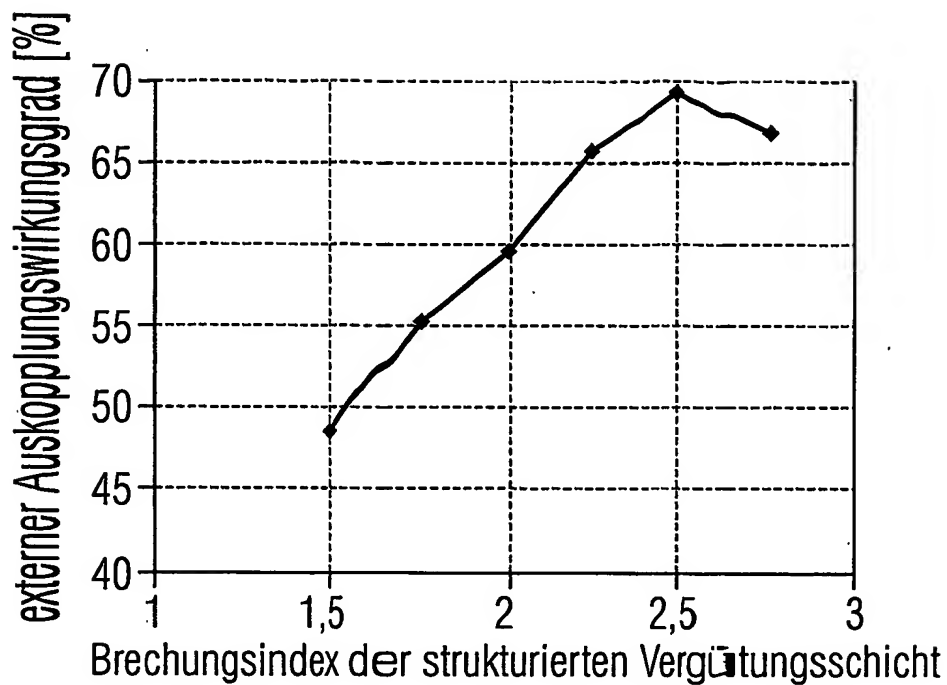
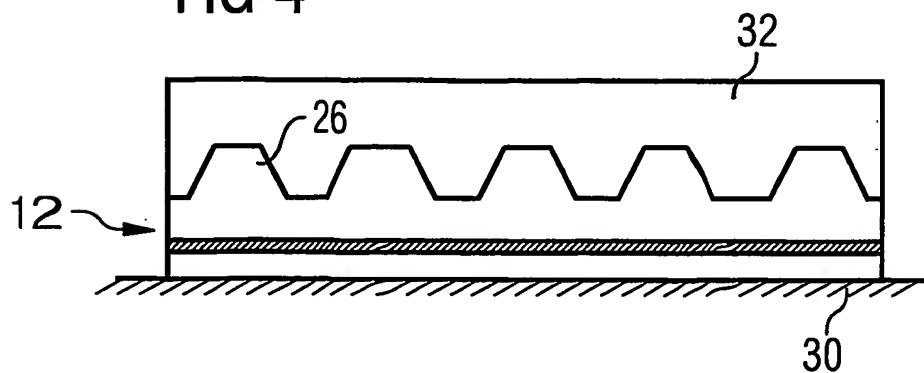


FIG 4



FIG

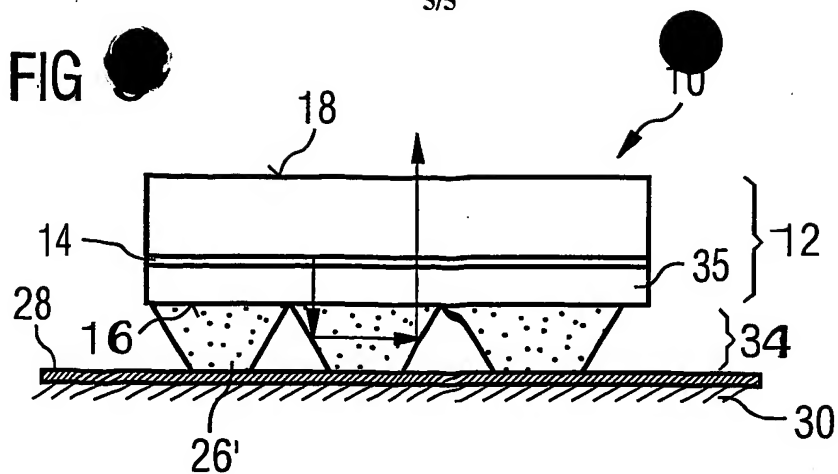


FIG 6

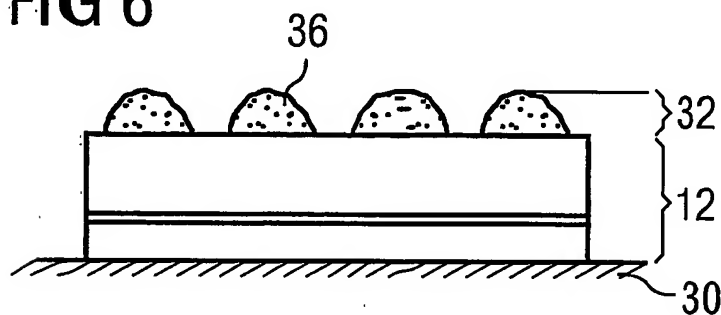


FIG 7

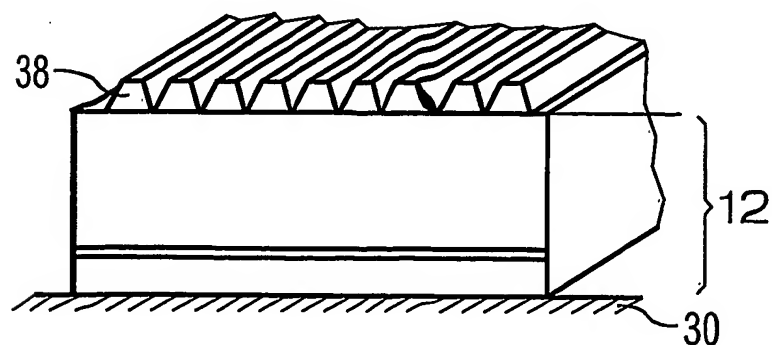
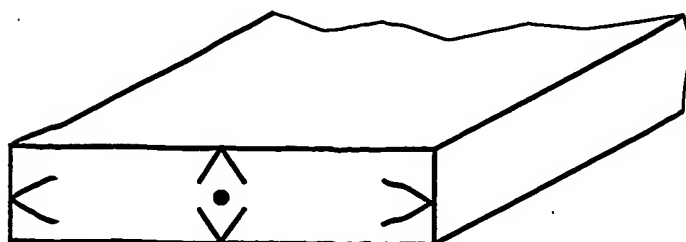


FIG 8 Stand der Technik



A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H01L33/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 258 618 B1 (LESTER STEVEN D) 10 July 2001 (2001-07-10) the whole document	1-32
X	US 6 346 771 B1 (SALAM HASSAN PADDY ABDEL) 12 February 2002 (2002-02-12) the whole document	1-32
X	WO 01 41225 A (CREE LIGHTING COMPANY) 7 June 2001 (2001-06-07) abstract; figures 3,14	1-32
X	US 6 410 942 B1 (DENBAARS STEVEN ET AL) 25 June 2002 (2002-06-25) abstract; figure 8	1
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 September 2003

Date of mailing of the international search report

02/10/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Werner, A

PCT/DE 03/02071

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 091 085 A (LESTER STEVEN D) 18 July 2000 (2000-07-18) abstract	1

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6258618	B1	10-07-2001	US 6 291839 B1	18-09-2001
			CN 1 247997 A	22-03-2000
			DE 19 927945 A1	23-03-2000
			GB 2 341488 A	15-03-2000
			JP 2000 091639 A	31-03-2000
			KR 2000 023055 A	25-04-2000
			TW 461120 B	21-10-2001
US 6346771	B1	12-02-2002	GB 2 381380 A ,B	30-04-2003
			GB 2 381381 A ,B	30-04-2003
			GB 2 331625 A ,B	26-05-1999
			JP 11 224960 A	17-08-1999
			US 2002 063521 A1	30-05-2002
WO 0141225	A	07-06-2001	AU 1 790501 A	12-06-2001
			AU 4 139101 A	12-06-2001
			CA 2 393007 A1	07-06-2001
			CA 2 393081 A1	07-06-2001
			CN 1 402880 T	12-03-2003
			CN 1 423842 T	11-06-2003
			EP 1 234334 A1	28-08-2002
			EP 1 234344 A2	28-08-2002
			TW 465130 B	21-11-2001
			WO 0 141219 A1	07-06-2001
			WO 0 141225 A2	07-06-2001
			US 6 410942 B1	25-06-2002
US 6410942	B1	25-06-2002	AU 1 790501 A	12-06-2001
			CA 2 393007 A1	07-06-2001
			CN 1 402880 T	12-03-2003
			EP 1 234334 A1	28-08-2002
			WO 0 141219 A1	07-06-2001
			AU 4 139101 A	12-06-2001
			CA 2 393081 A1	07-06-2001
			CN 1 423842 T	11-06-2003
			EP 1 234344 A2	28-08-2002
			TW 465130 B	21-11-2001
			WO 0 141225 A2	07-06-2001
US 6091085	A	18-07-2000	JP 11 274568 A	08-10-1999

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H01L33/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbanken (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 6 258 618 B1 (LESTER STEVEN D) 10. Juli 2001 (2001-07-10) das ganze Dokument	1-32
X	US 6 346 771 B1 (SALAM HASSAN PADDY, ABDEL) 12. Februar 2002 (2002-02-12) das ganze Dokument	1-32
X	WO 01 41225 A (CREE LIGHTING COMPANY) 7. Juni 2001 (2001-06-07) Zusammenfassung; Abbildungen 3, 14	1-32
X	US 6 410 942 B1 (DENBAARS STEVEN ET AL) 25. Juni 2002 (2002-06-25) Zusammenfassung; Abbildung 8	1
	--- -/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

24. September 2003

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

02/10/2003

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Werner, A

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANZUSEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 6 091 085 A (LESTER STEVEN D) 18. Juli 2000 (2000-07-18) Zusammenfassung -----	1

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6258618	B1	10-07-2001	US 6291839 B1 18-09-2001
			CN 1247997 A 22-03-2000
			DE 19927945 A1 23-03-2000
			GB 2341488 A 15-03-2000
			JP 2000091639 A 31-03-2000
			KR 2000023055 A 25-04-2000
			TW 461120 B 21-10-2001
US 6346771	B1	12-02-2002	GB 2381380 A ,B 30-04-2003
			GB 2381381 A ,B 30-04-2003
			GB 2331625 A ,B 26-05-1999
			JP 11224960 A 17-08-1999
			US 2002063521 A1 30-05-2002
WO 0141225	A	07-06-2001	AU 1790501 A 12-06-2001
			AU 4139101 A 12-06-2001
			CA 2393007 A1 07-06-2001
			CA 2393081 A1 07-06-2001
			CN 1402880 T 12-03-2003
			CN 1423842 T 11-06-2003
			EP 1234334 A1 28-08-2002
			EP 1234344 A2 28-08-2002
			TW 465130 B 21-11-2001
			WO 0141219 A1 07-06-2001
			WO 0141225 A2 07-06-2001
			US 6410942 B1 25-06-2002
US 6410942	B1	25-06-2002	AU 1790501 A 12-06-2001
			CA 2393007 A1 07-06-2001
			CN 1402880 T 12-03-2003
			EP 1234334 A1 28-08-2002
			WO 0141219 A1 07-06-2001
			AU 4139101 A 12-06-2001
			CA 2393081 A1 07-06-2001
			CN 1423842 T 11-06-2003
			EP 1234344 A2 28-08-2002
			TW 465130 B 21-11-2001
			WO 0141225 A2 07-06-2001
US 6091085	A	18-07-2000	JP 11274568 A 08-10-1999

This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record.

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.